RELACIÓN MASA LUMINOSODAD EN ESTRELLAS DE SECUENCIA PRINCIPAL

Ángel Martin García Sánchez[1], Luis Gerardo Aguilar Arevalo[2], Dr. Andrés Alberto Aviles Alvarado[3]
[1]Universidad Autónoma de Nuevo León, CICFIM-Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas, Cd. Universitaria, San Nicolas de los Garza, 66455, NL, México.
e-mail adress: (del asesor)

RESUMEN

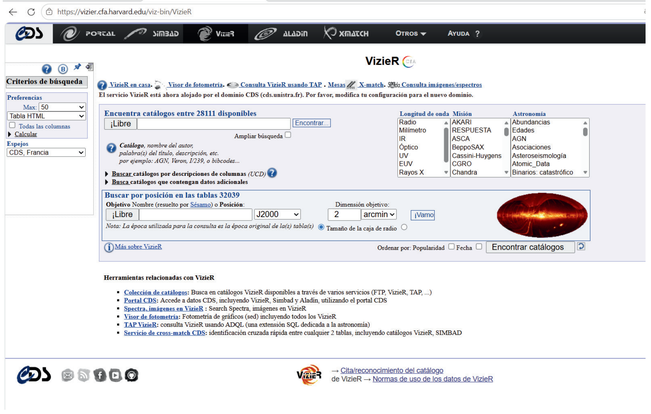
En este trabajo se analizó la relación masa-luminosidad en estrellas de secuencia principal a partir del catálogo de Eker et al. (2018) con N = 509 estrellas ($0.179 \leq M/M\odot \leq 31$) obtenido vía VizieR. La luminosidad se determinó mediante la ley de Stefan-Boltzmann: $L/L\odot = (R/R\odot)^2 \times (Teff / 5772)^4$ con propagación de incertidumbres. Debido a la heterocedasticidad severa en escala lineal ($L > 10^4\ L\odot$), se aplicó la transformación logarítmica $\log L = \alpha \log M + b$ para linealizar la ley de potencias $L = C \times M^{\alpha}$. El ajuste global por Mínimos Cuadrados Ordinarios arrojó $L = 1.0493 \times M^{3.9748} \pm 0.0222$ con $R^2 = 0.9844$ y $F(1,507) = 31918.7$ ($p < 10^{-100}$). Al segmentar en seis regímenes, el exponente varía de 2.02 en masa ultra baja a 5.74 en masa baja y 2.86 en masa muy alta, con diferencias altamente significativas entre intervalos (ANOVA: $F = 1150.13$, $p = 1.39\times10^{-272}$).

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

6. Metodología para la obtención de datos

Acceder a la base de datos generada de la publicación Eker et al. (2018), MNRAS, 479, 5491–5511. (Catálogo: VizieR J/MNRAS/479/5491), utilizando librerías de python mencionadas en la siguiente tabla:

Librería	Función en el proyecto
astroquery	Acceder directamente a VizieR
astropy	Manejo de tablas astronómicas, unidades y cantidades
pandas	Manipulación y filtrado de los datos
numpy	Cálculos numéricos
matplotlib	Gráficas (M-L), residuos, etc.
scipy	Regresión, optimización y análisis estadístico



. Describir la muestra y las incertidumbres.
. Construir el diagrama L–M y el diagrama logL–logM.
. Justificar la transformación logarítmica.
. Ajustar el modelo de potencia global.
. Analizar residuos y posibles heterocedasticidades.
. Investigar si una sola pendiente es suficiente.
. Proponer y comparar modelos por tramos.
. Estimar incertidumbres de los parámetros.
. Comparar los modelos mediante criterios cuantitativos.
. Contrastar los resultados con Eker et al. (2018), sin usar sus puntos de ruptura como datos de entrada.
. Discutir las limitaciones de la muestra y del modelo.

RESULTADOS

```
Número inicial de estrellas: 586
Número después del filtro: 509
OK: se recuperaron las 509 estrellas de Eker et al. (2018)

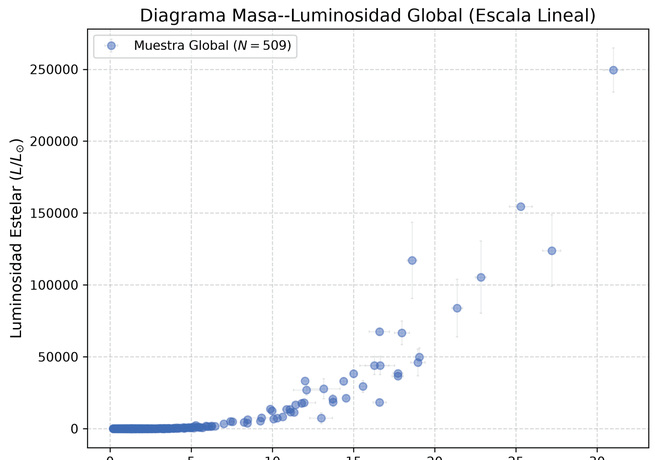
Muestra final:
 Seq          Name m_Name  Mass  e_Mass   Rad  e_Rad  Teff  e_Teff  Luminosity  e_Luminosity     log_M  e_log_M     log_L  e_log_L Remark
   1      V421 Peg      p 1.594   0.029 1.584  0.028  7250      80    6.245355       0.353182  0.202488 0.007901  0.795557  0.02456      *
   2      V421 Peg      s 1.356   0.029 1.328  0.029  6980     120    3.771486       0.307243  0.132260 0.009288  0.576513  0.03538      *
   3    V342 And B      p 1.270   0.010 1.210  0.010  6395    <NA>    2.206113           <NA>  0.103804 0.003420  0.343628     <NA>      *
   4    V342 And B      s 1.280   0.010 1.250  0.010  6200      30    2.080087       0.052235  0.107210 0.003393  0.318081  0.010906      *
   5         DV Psc      p 0.677   0.019 0.685  0.030  4450       8    0.165774       0.014569 -0.169411 0.012188 -0.780484  0.038168     **
   6         DV Psc      s 0.475   0.010 0.514  0.020  3614       8    0.040604       0.00318 -0.323306 0.009143 -1.391426  0.034015     **
   7         MU Cas      p 4.657   0.100 4.192  0.050 14750     500  749.385534     103.17213  0.668106 0.009326  2.874705  0.059792      *
   8         MU Cas      s 4.575   0.090 3.671  0.040 15100     500  631.206223      84.727534  0.660391 0.008543  2.800171  0.058296      *
   9 GSC 4019 3345      p 1.920   0.010 1.760  0.050  8600     310   15.265599       2.365819  0.283301 0.002262  1.183714  0.067306      *
  10 GSC 4019 3345      s 1.920   0.010 1.760  0.050  8600     570   15.265599       4.13906   0.283301 0.002262  1.183714  0.117753      *

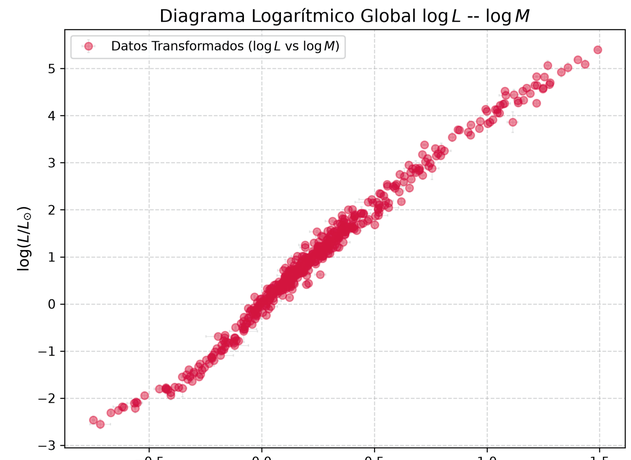
----------------------------------------
RESUMEN DE LA SELECCIÓN
----------------------------------------
Muestra inicial : 586
Muestra final   : 509
Estrellas fuera : 77

Distribución de las estrellas seleccionadas:
Remark
*      345
**      88
***     76
Name: count, dtype: int64

Rango de masas:
M mínima = 0.179 Msun
M máxima = 31.0 Msun

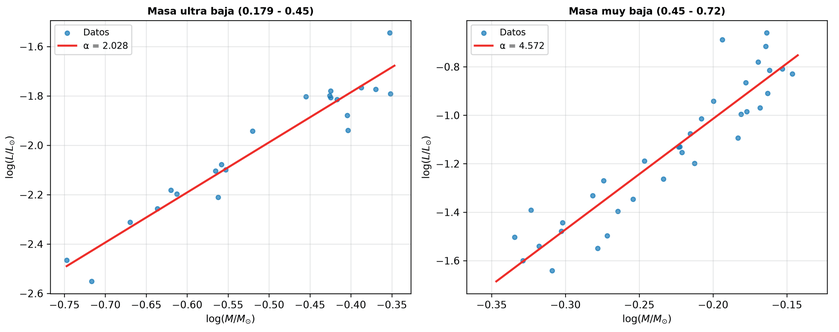
Archivo guardado:
Eker2018_509.csv
```

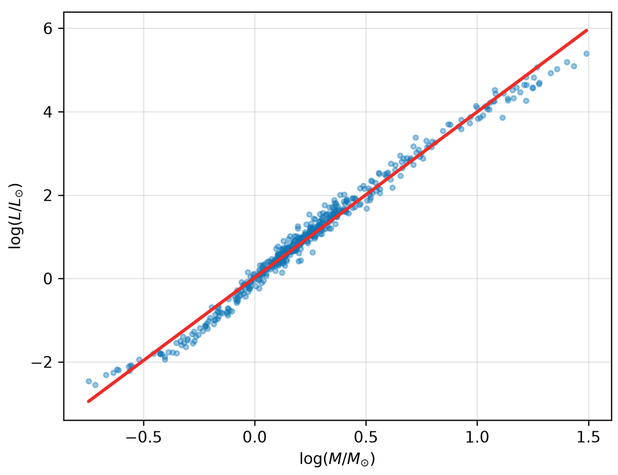


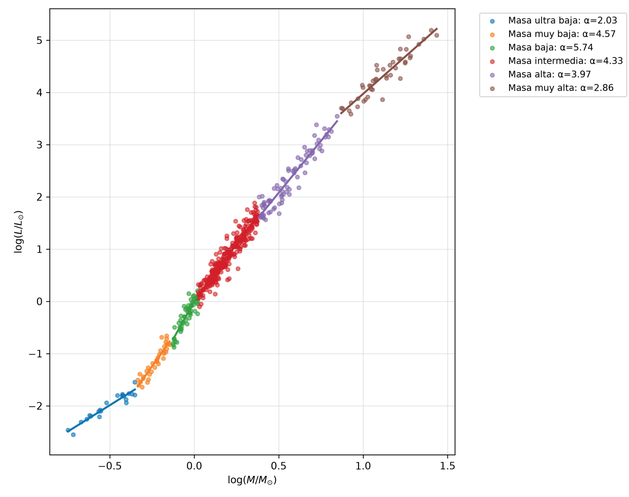


Mass	log_L	m_Name	Fac_M	Fac_Com
1.594	0.7955571	p	4	1
1.356	0.5765125	s	4	0
1.27	0.3436277	p	4	1
1.28	0.3180815	s	4	0
0.677	-0.7804841	p	2	1
0.475	-1.3914264	s	2	0
4.657	2.8747053	p	5	1
4.575	2.8001713	s	5	0
1.92	1.1837138	p	4	1
1.92	1.1837138	s	4	0
2.263	1.6737653	p	4	1
1.325	0.5534046	s	4	0
1.102	0.3457325	p	4	1
1.08	0.3066996	s	4	0
1.684	1.1155654	p	4	1
1.559	1.2529521	s	4	0
1.415	0.7225919	p	4	1
3.922	2.5167502	p	5	1
2.545	1.7945612	s	5	0
1.289	0.5819529	p	4	1
1.264	0.5736622	s	4	0

Ultra baja	Muy baja	Baja	Intermedia	Alta	Muy alta
-1.7915646	-0.7804841	0.09851241	0.79555711	2.87470531	4.69778919
-2.1044833	-1.3914264	-0.4951579	0.57651253	2.80017127	4.26992438
-2.1823462	-1.1986877	-0.2032827	0.34362768	2.51675019	4.82919782
-1.7995958	-1.0938899	-0.7992872	0.31808149	1.79456121	4.2568564
-2.0990163	-0.9420202	0.06593997	1.18371385	2.37948901	3.69870643
-1.9429865	-1.0146608	-0.2379781	1.18371385	1.67959937	4.32957424
-2.07789	-1.5489456	-0.8774922	1.67376531	2.22369655	3.86271824
-2.5512747	-1.6410725	-0.2783486	0.55340455	2.1636885	4.22112651
-2.1968615	-1.1882829	-0.3652398	0.34573246	2.09794899	4.13825814
-2.4657076	-1.2697821	0.03521643	0.30669964	2.95182464	5.18865995
-1.7735812	-0.9957517	-0.4152069	1.11556538	2.75216717	3.65007896
-1.8793331	-0.6877597	-0.7838506	1.25295208	1.63425796	3.72652438
-1.5448231	-1.1308687	-0.7708126	0.72259189	2.10702718	3.58668168
-1.940002	-1.1535411	-0.18534	0.58195286	1.67124444	4.05523163
-2.2105974	-1.2636463	-0.8364376	0.57366219	1.63223984	3.91441306
-2.2568869	-1.3967365	-0.3180251	1.40487162	1.60778983	5.02279081
-2.3118911	-0.8086293	-0.127558	1.3780273	3.17445005	4.92346309
-1.8032974	-0.9094577	-0.298269	1.54783205	2.92374373	4.52189539
-1.7667521	-0.8146138	-0.7155067	0.80688544	2.34635871	3.80176005
-1.7798343	-0.9849284	-0.7189018	0.42938401	2.18648709	5.06829347
-1.8070913	-1.4433012	-0.0886296	0.40171572	1.76813692	4.82387299
-1.8150097	-0.8654553	-0.0096354	1.70343202	2.98909537	4.09392235
	-1.0762417	-0.2227719	1.55321647	2.05088745	5.09294112








```
============================================================
>>> TABLA ANOVA DE UN FACTOR (FACTOR A: INTERVALOS DE MASA)
============================================================
                    S.C. (SS)     df   C.M. (MS)            F        p-value
C(Intervalo_Masa)  1084.361950    5.0  216.872390  1150.130503  1.389031e-272
Residual             94.847334  503.0    0.188563          NaN            NaN

============================================================
>>> TABLA ANOVA DE DOS FACTORES (MASA + COMPONENTE BINARIA p/s)
============================================================
                    S.C. (SS)     df   C.M. (MS)            F        p-value
C(Intervalo_Masa)  1072.278464    5.0  214.455693  1152.697269  1.844642e-272
C(m_Name)             1.451817    1.0    1.451817     7.803501   5.413742e-03
Residual             93.395517  502.0    0.186047          NaN            NaN
```

CONCLUSIONES

Se rechaza H0: la relación masa-luminosidad no se describe con una única ley global $L = 1.0493 \times M^{3.9748}$ ($R^2 = 0.9844$). El exponente α varía de 2.03 en masa ultra baja a 5.74 en masa baja, concordando con Eker et al. (2018) y reflejando cambios en la estructura interna. Se acepta H1: se requieren leyes por tramos $L = 10^{b_i} \times M^{\alpha_i}$. El ANOVA de dos factores mostró un efecto menor pero significativo de la componente binaria. Resultados limitados a secuencia principal, sin metalicidad ni evolución avanzada.

REFERENCIAS

- Carroll, B. W. & Ostlie, D. A. (2017). An Introduction to Modern Astrophysics. Cambridge Univ. Press.
- Eker, Z. et al. (2018). MNRAS, 479(4), 5491–5511.
- Prialnik, D. (2009). An Introduction to the Theory of Stellar Structure and Evolution. Cambridge Univ. Press.

AGRADECIMIENTOS